



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

0152 776

Int.Cl.³

3(51) C 04 B 7/00

C 04 B 7/35

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veroeffentlicht

(21) WP C 04 B/ 223 576
(31) KO-3014

(22) 28.08.80
(32) 29.08.79

(44) 09.12.81
(33) HU

(71) MAGYAR SZÉNHIDROGÉNIPARI KUTATÓ-FEJLESZTOE INTÉZET, SZÁZHALOMBATTA; HU;
(72) TASNÁDI, ELEONÓR, DR., SÍPOETZ, EVA; HU;
(73) MAGYAR SZÉNHIDROGÉNIPARI KUTATÓ-FEJLESZTOE INTÉZET, SZÁZHALOMBATTA; HU;
(74) PATENTANWALTSBUERO BERLIN, 11130 BERLIN, FRANKFURTER ALLEE 286

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES HYDRAULISCHEN ZEMENTIERMITTELS MIT HOHEM
ALUMINIUMGEHALT

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hydraulischen Zementiermittels mit hohem Aluminiumgehalt, das sich insbesondere zum Auszementieren von Erdgas- bzw. Erdöl-Bohrlochern eignet, vor allem auch dann, wenn das Bohrloch dem sonst korrodierenden Einfluss von Kohlendioxid ausgesetzt ist. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass man a) 60 bis 80 % Aluminatzement mit mindestens 50 % Aluminiumoxidgehalt und 20 bis 40 % Quarzmehl vermischt, im trockenen Zustand homogenisiert, diesem Gemisch 45 bis 55 % Mischwasser - bezogen auf das Trockengewicht - in welchem 1,00 % Weinsäure gelöst wurde, zugibt, oder b) 100 % Aluminatzement mit mindestens 50 % Aluminiumoxidgehalt oder 60 % Aluminatzement mit mindestens 50 % Aluminiumoxidgehalt, vermischt mit 40 % Portlandzement, im trockenen Zustand homogenisiert, dieser Masse 45 bis 55 % Mischwasser - bezogen auf das Trockengewicht - in welchem 25 % NaCl, 1 bis 2 % Adipinsäure oder Sebacinsäure und 0,05 bis 1,00 % Kalziumglukonat oder Glukonsäure gelöst würde, zugibt.

14 097 58.

-1-

223576

Verfahren zur Herstellung eines hydraulischen Zementiermittels mit hohem Aluminiumgehalt

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hydraulischen Zementiermittels mit hohem Aluminiumgehalt, das wegen seiner guten Widerstandsfähigkeit gegen CO_2 -Korrosion, sowie seiner guten Quellfähigkeit zum Auszementieren von Erdöl- bzw. Erdgas-Bohrlöchern geeignet ist.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

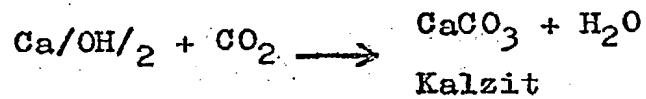
Die in den auch Kohlendioxyd enthaltenden Erdöl- und Erdgasbohrlöchern zur Zeit verwendeten Zementiermittel auf der Basis von Portlandzement und Hütten schlacke werden bei hohen Temperaturen durch Korrosion zerstört.

Die Verhinderung der CO_2 -Korrosion ist auch bei der Säurebehandlung, sowie bei der Deformationsbehandlung wichtig,

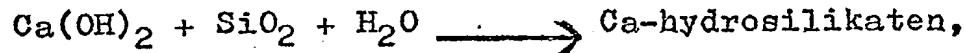
da sich das während der Korrosion entstandene Kalziumkarbonat löst und der Zementmantel so zur Erfüllung seiner ursprünglichen Funktion nicht mehr geeignet ist. Die Aktualität dieses Problems ergibt sich durch mehrere CO_2 -haltige Erdgasvorkommen, sowie den Bedarf an CO_2 -Förderungen.

Bei der Förderung wird der Zementmantel stark beansprucht, und die mechanischen Eigenschaften sind bezüglich der nachträglichen Operation (hydraulisches Aufbrechen nachfolgende Produktionsverfahren) auch von grosser Bedeutung.

Während der Reaktion des Portlandzementes und des Wassers entsteht Portlandit, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, das sich mit weiteren Mengen von Wasser und mit SiO_2 zu Kalziumhydrosilikaten umsetzt. Unter der Einwirkung von CO_2 entsteht aus dem Portlandit CaCO_3 nach folgendem Schema:



Dagegen kann Portlandzement im CO_2 -Medium nicht nicht gemäß dem folgenden Reaktionsschema reagieren:



bzw. hydratisierter nur in geringem Umfang zu Ca-hydrosilikaten, die an sich die entsprechende Festigkeit sichern.

Zum Auszementieren von Bohrlöchern, die einer CO_2 -Korrosion unterliegen, ist Portlandzement daher nicht geeignet.

Die Hüttenschlacke und der Portlandzement unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung, auch ihr Verfestigungspro-

zeß ist unterschiedlich.

Die Hauptphase der ungarischen Hütenschlacken besteht aus Gehlenit ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Bei der Hydratation von Gehlenit entsteht kein Portlandit, sondern es entstehen gleichzeitig verschiedene Hydrosilikate (Tobemorit, Xonolit, usw.).

Während der Lagerung in einem auch SO_2 enthaltenden Medium zersetzen sich auch diese Mineralien zu CaCO_3 . Die Zeitdauer der Zersetzung hängt von den jeweiligen Umständen ab. Falls die Ausgangsmaterialien eine größere Menge an Al_2O_3 enthalten, entsteht aus den Hütenschlacken Hydrogranat. Nach den vorliegenden Erfahrungen ergibt die Anwesenheit der Hydrogranate eine Erhöhung der Festigkeit.

Ziel der Erfindung:

Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines hydraulischen Bindemittels zum Auszementieren von auch Kohlendioxyd liefernden Bohrlöchern, bei denen hohe Temperaturen auftreten, das sich während der Hydratation zu Böhmit und zu Plasolit umsetzt, wobei die Bildung von CaCO_3 nur in geringem Maße erfolgt oder völlig vermieden wird.

Die Aluminiumzemente 250 und 350 vom Seltyp oder andere Zemente mit hohem Aluminiumgehalt und gleicher Qualität erfüllen die obigen Forderungen. Zur Zeit werden diese Zemente zum Ofenbau in der Bauindustrie angewandt.

Aluminiumzemente wurden zur korrosionsbeständigen Auszementierung von Bohrlöchern jedoch noch nicht eingesetzt.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Es wurde gefunden, daß das hydraulische Bindemittel mit mehr als 50 % Al_2O_3 -Gehalt, welches durch Kalzination von Tonerde und Kalkstein hergestellt wird, den obigen Forderungen entspricht. Je nach den Bedingungen der Kalzination besteht die wichtigste mineralische Phase aus $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ (mono-Kalziumaluminat) oder $\text{CaO} - 2\text{Al}_2\text{O}_3$ (Kalziumdialuminat). Die Hydratation dieser beiden Mineralien ist verschieden, d.h. die Abbindezeit von $\text{CaO} - 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ist länger als die des mono-Kalziumaluminats. Erfindungsgemäß ist die längere Abbindezeit vorteilhafter.

Die chemische Zusammensetzung des Aluminatzements vom Seltyp ist die folgende:

$\text{SiO}_2 = 8 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 65 \%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1-2 \%$,
 $\text{CaO} = \text{ca } 24 \%$, $\text{MgO} = \text{ca } 0,5 \%$.

Es wurde auch gefunden, daß die Abbindezeit des Aluminatzements verlängert werden kann, wenn der Aluminatzement mit Quarzmehl vermischt wird. Die so erreichte verlängerte Abbindezeit war aber noch immer nicht zur Anwendung von Zementschlamm in Erdöl- bzw. Erdgas-Bohrlöchern, vor allem auch mit einer Tiefe von mehreren Tausend Metern ausreichend. Daher muß ein Abbindeverzögerer eingesetzt werden.

Es wurde weiterhin gefunden, daß die Zugabe der in der Industrie im allgemeinen verwendeten Weinsäure - die mit Aluminatzement unwirksam ist - zusammen mit Kalziumglukonat die zur Anwendung von Zementschlamm in Bohrlöchern erforderliche Einstellung der Pumpbarkeitszeit ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird der Zementschlamm so hergestellt, daß man 60 bis 80 Gewichtsteile Aluminatzement und

40 bis 20 Gewichtsteile Quarzmehl in Pulverform und im trockenen Zustand homogenisiert. Zu dieser Mischung werden dann 45 bis 50 Gewichtsteile (bezogen auf die Gesamtmenge der Feststoffe) Wasser, in welchem 0,1 bis 2,0 Gewichtsteile Kalziumglukonat und 0,05 bis 1,00 Gewichtsteile Weinsäure, je nach der Temperatur der Anwendung, aufgelöst wurden, zugegeben. Das so erhaltene Gemisch wurde 3 Minuten lang in einem Mischer mit hoher Umdrehungszahl gemischt.

Die Eigenschaften des so erhaltenen Zementschlammes wurden dann untersucht. Es wurden die folgenden Nennwerte bestimmt:

spezifisches Gewicht, rheologische Eigenschaften und Pumpbarkeitszeit.

Nach der Verfestigung in einem Autoklaven wurden die folgenden Parameter der Zementmasse (im folgenden Zementstein genannt) geprüft: Durckfestigkeit, Biegefestigkeit, Durchlässigkeit und mineralische Zusammensetzung.

Die Theologie des Zementschlammes wurde mit einem Fann-Rotorviskosimeter bei Temperaturen von 20 und 75°C, sofort nach dem Einmischen und dann in den 20-sten und 40-sten Minuten bestimmt.

Die Pumpbarkeitszeiten wurden in einem Zementkonsistometer bei Temperaturen von 100, 150, 180, 200 und 220°C bestimmt. Als Grenze der Pumpbarkeit wurde eine Viskosität des Zementschlammes von 3,0 Pa.s betrachtet.

Die Korrosionsuntersuchungen wurden mit in einem Autoklaven verfestigten und dort gelagerten Proben durchgeführt. Die Verfestigung und die Lagerung erfolgte bei Temperaturen von 150 und 250°C in Autoklaven bei einem

Druck von 30,0 bis 40,0 MPa. Die Atmosphäre der Autoklaven entsprach den Bedingungen der Bohrlöcher.

Die mineralische Zusammensetzung der Proben wurde mit einem Röntgendiffraktions-Mikroanalysator und einem Raster-Elektronenmikroskop untersucht.

Ausführungsbeispiele:

Beispiel 1

Den oben beschriebenen entsprechend wird ein Zementschlamm aus 1 kg Aluminatzement mit einem Pulvergewicht von 2880 kg/m² und einer spezifischen Oberfläche von 310 m²/kg und aus 0,5 kg Wasser hergestellt.

Das spezifische Gewicht des Zementschlammes beträgt 1810 kg/m².

Gemessen mit einem Vicat-Apparat nach MSZ 523/3-75 wurde die Abbindezeit des Zementschlammes bestimmt. Bei einer Temperatur von 75°C beginnt die Abbindung nach 8 Minuten, nach 22 Minuten ist der Abbindevorgang beendet.

Rheologische Eigenschaften bei 20°C:

relative Viskosität	69 mPa.s
plastische Viskosität	38 mPa.s
plastische Flüssigkeit von	29,8 Pa
Byngham Typ	
10 Sec. Bewegungswiderstand	8,2 Pa

Die Rheologie kann bei 75°C wegen des dann erfolgenden starken Dickwerdens nicht mehr gemessen werden.

Tabelle I

Festigkeit und Durchlässigkeit des einer CO_2 -Korrosion ausgesetzten Aluminatzementsteins

	Biege- festigkeit 0,1 MPa	Druck- festigkeit 0,1 MPa	Durch- lässigkeit 10^{-3} um^2
nach zwei Tagen	19	116	Ø
nach einem Monat	104	146	Ø
nach drei Monaten	114	78	Ø
nach sechs Monaten	88	215	Ø
nach einem Jahr	-	219	Ø

Bei gleichen Bedingungen weisen weder Portlandzement noch Hütten schlacke messbare Festigkeiten auf.

Tabelle II

Mineralische Zusammensetzung

<u>nach zwei Tagen</u>	<u>nach sechs Monaten</u>
böhmit viel	böhmit viel
gehlenit wenig	gehlenit -
Ca_4AF wenig	Ca_4AF -
Ca_2 wenig	Ca_2 in Spuren
CaH_{10} in Spuren	CaH_{10} -
	montmorillonit mittel

■ Zementchemische Bezeichnungen: C = CaO H = H_2O
 A = Al_2O_3 F = Fe_2O_3
 S. = SiO_2

Der Aluminatzement soll mit Quarzmehl und mit einem Abbindeverzögerer zusammen angewandt werden, damit der Zementschlamm an die entsprechenden Stellen des Bohrloches gelangen kann.

Beispiel 2

Im trockenen Zustand werden 0,7 kg Aluminatzement und 0,3 kg Quarzmehl zusammengemischt.

0,25 kg technisches NaCl wird unter Rühren in 0,75 kg Wasser gelöst. Zu 0,5 kg der so erhaltenen Lösung werden 0,05 kg Kalziumglukonat und 0,025 kg Weinsäure zugegeben. Dann wird die Lösung 30 Minuten lang gerührt.

Diese Lösung wird zu dem Gemisch aus Aluminatzement und Quarzmehl zugegeben und wie vorher der Zementschlamm hergestellt.

Das spezifische Gewicht des Zements beträgt 1850 kg/cm^2 .

Rheologische Eigenschaften:
(Zementschlamm enthält 0,5 % Kalziumglukonat und 0,25 % Weinsäure)

Tabelle III

	20°C	75°C	
	0 Minute	nach 20 Minuten	nach 40 Minuten
relative Viskosität (mPa.s)	60	35	34
plastische Viskosität (mPa.s)	59	35	33
plastische Flüssigkeit von Byngham Typ (Pa)	0,96	Ø	0,96
10 sec. Bewegungswiderstand (Pa)	1,92	2,4	1,92

Tabelle IV

Abbinde- verzögerer	Pumpbarkeitszeiten			220°C		
	100°C	150°C	180°C	200°C	220°C	160 Minuten
Pumpbarkeits- zeit	Abbinde- verzögerer	Pumpbar- keitszeit	Abbinde- verzögerer	Pumpbar- keitszeit	Abbinde- verzögerer	Pumpbar- keitszeit
0,5 % Ca- glukonat	0,7 % Ca- glukonat	0,8 % Ca- glukonat	1,5 % Ca- glukonat	1 % Ca- glukonat	1,5 % CA- glukonat	1,5 % CA- glukonat
0,25 % Weinsäure	0,35 % Weinsäure	0,4 % Weinsäure	0,5 % Weinsäure	0,5 % Weinsäure	0,75 % Weinsäure	0,75 % Weinsäure

Die Menge der Abbindeverzögerer bezieht sich auf die Gesamtmenge der Trockensubstanz

Tabelle V
Festigkeit und Durchlässigkeit von Zementsteinen auf der Basis von Aluminat-
zement und Quarzmehl bei Temperaturen von 150 und 250°C nach der Lagerung in CO_2

Zusammensetzung bei 150°C	nach zwei Tagen		nach einem Monat	
	Biege-Druck- Durch- festigkeit 0,1 MPa μm^2	Biege-Druck- Durch- festigkeit 0,1 MPa μm^2	Biege-Druck- Durch- festigkeit 0,1 MPa μm^2	Biege-Druck- Durch- festigkeit 0,1 MPa μm^2

Beispiel 1

70 % Aluminat- zement				
30 % Quarzmehl	67	239	0,6	118
2 % CA-glukonat				271
1 % Weinsäure				Ø
Ø v/sz = 0,50				

Beispiel 2

70 % Aluminat- zement				
30 % Quarzmehl	33	135	1,46	88
1,5 % CA-glukonat				144
0,75 % Weinsäure				Ø
Ø v/sz = 0,50				

22 35 76

Fortsetzung der Tabelle V

Zusammensetzung	Biege-Druck-Durch- festigkeit lassen	Biege-Druck-Durch- festigkeit lassen	Biege-Druck-Durch- festigkeit lassen	nach drei Monaten		nach 6 Monaten	
				$10^{-3} / \mu\text{m}^2$	$0,1 \text{ MPa}$	$10^{-3} / \mu\text{m}^2$	$0,1 \text{ MPa}$
80 % konventioneller Zement von Tata, Typ 450K	163	Ø	-	447	Ø	504	Ø
20 % Quarzmehl 0,25 % Weinsäure $v/sz = 0,48$ (bei 200°C)	-	-	-	-	-	-	-
100 % sowjetische konventionelle Schlacke 1 % Gips (bei 200°C) 0,05 % Na_2CrO_4 Salzlösung/Zement = 0,40 (bei 250°C) Beispiel 1	168	Ø	-	244	Ø	209	Ø
70 % Aluminatzement 30 % Quarzmehl $v/sz = 0,50$	115	Ø	64	120	Ø	51	118

Fortsetzung der Tabelle V

Zusammensetzung	Biege-Druck-Durch- festigkeit lassen	Biege-Druck- festigkeit	Durch- lassen	Biege-Druck- festigkeit	Durch- lassen	Biege-Druck- festigkeit	Durch- lassen	
	0,1 MPa	$10^{-3} / \mu\text{m}^2$	0,1 MPa	$10^{-3} / \mu\text{m}^2$	0,1 MPa	$10^{-3} / \mu\text{m}^2$	0,1 MPa	$10^{-3} / \mu\text{m}^2$
Beispiel 2								
70 % Aluminatzement 30 % Quarzmehl 2 % Ca-Glukonat 1 % Weinsäure V/sz = 0,50	155	389	Ø	149	328	Ø	145	291
70 % konventioneller Aluminatzement 30 % Quarzmehl 1,5 % Ca-Glukonat 0,75 % Weinsäure V/sz = 0,50	92	251	0,27	136	189	Ø	138	229
80 % konventioneller Zement von Tata, - 450 k 20 % Quarzmehl 0,25 % Weinsäure Salzlösung/Zement = 0,48	222	Ø	-	244	Ø	-	352	Ø
60 % Schläcke von Diosgyor 40 % Quarzmehl 0,2 % Gypan 0,05 % Na_2CrO_4 V/sz = 0,46	-	209	Ø	-	253	Ø	-	20
<small>* V/sz = Mischwasser/Trockensubstanz Verhältnis</small>								

Aus der Tabelle IV ist ersichtlich, daß das Gemisch nach Beispiel 2 unter Verwendung von Abbindeverzögerern bei Temperaturen zwischen 100 und 220°C zur Auszementierung von Erdöl- bzw. Erdgas-Bohrlöchern geeignet ist.

Tabelle V enthält die Festigkeitsangaben auch der Zementiermittel, die aus dem konventionellen Portlandzement von Tatabánya bzw. aus der konventionellen Hütenschlacke hergestellt werden. Aus den Angaben ist zu ersehen, daß sich die Festigkeit der konventionellen Zementiermittel in Abhängigkeit von der Zeit vermindert. Nach einer Lagerung von zwei Jahren verlieren beide Zementiermittel ihr hydraulisches Vermögen.

Obwohl die Anfangsfestigkeit des konventionellen Zementes bei der Lagerung vorteilhafter ist, ist doch die Festigkeit des Aluminatzements auch am Anfang der Abbindung zur Zementierung von Kohlenwasserstoffbohrlöchern ausreichend.

Es fällt auf, daß die Biegefestigkeit des Aluminatzements - die bei den konventionellen Zementiermitteln sehr niedrig (im allgemeinen weniger als 10,0 MPa) ist - sehr groß ist, woraus man auf die Elastizität des Zementsteins folgern kann. Die hohe Biegefestigkeit verleiht dem Zementiermittel sehr günstige Eigenschaften während der weiteren technologischen Prozesse.

Tabelle VI

Mineralische Zusammensetzung der Zementsteine auf der Basis von Aluminatzement und Quarzmehl

	<u>nach 2 Tagen</u>	<u>nach 6 Monaten</u>
SiO_2	viel	in Spuren
Böhmit	mittel	mittel
CaCO_3	mittel	mittel
Plazolit	mittel	in Spuren
C_3AH_6	wenig	-
Anortit	-	mittel

Das Zementiermittel nach Beispiel 2 hat eine entsprechende Festigkeit, da es auch nach sechs Monaten eine relative große Menge an Böhmit enthält. Die Kristalle des Böhmits sind von kleiner Größe und bilden miteinander verflochtene Platten, was mit einem Raster-Elektronenmikroskop beobachtet werden kann.

Es ist bekannt, daß sich das Volumen der in Erdöl- bzw. Erdgas-Bohrlöchern angewandten Zementiermittel während der Verfestigung verringert. Infolge der Schrumpfung des Zements haftet der entstandene Stein nicht fest am Bohrloch bzw. an der Bohrverschalung an. Daher entsprechen der Zementmantel und die Zementbrücke nicht den Forderungen, d.h. sie befestigen die Bohrverschalung nicht und beseitigen auch nicht die Strömung des Fluidums unter den Schichten. Diese Probleme sollen mit der Anwendung von quellenden Zementiermitteln gelöst werden.

Die Quellung des Portlandzements erfolgt durch die Bildung von Ettringit (Nordisk Betong, 3, 150-170 /1969/).

Die chemische Zusammensetzung von Ettringit ist die folgende:

6 CaO · Al₂O₃ · 3SO₃ · 30 H₂O (Hexakalzium-aluminat-trisulphat-triakontahydrat)

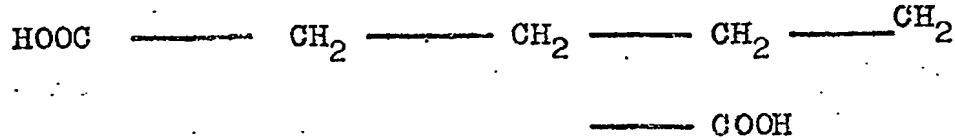
Die Bildung von Ettringit verläuft bei Raumtemperatur am schnellsten, bei der Erhöhung der Temperatur verringert sich die Geschwindigkeit der Bildung, die bei 90°C nur noch sehr langsam verläuft (Tamás Ferenc: Forschungen auf dem Gebiet der Chemie der Verfestigung der Zemente, Budapest, 1966).

Zementiermittel auf der Basis von Portlandzement können bei hohen Temperaturen in Erdöl- bzw. Erdgas-Bohrlöchern nicht quellen.

Es wurde nun festgestellt, daß die verschiedenen Aluminatzemente, insbesondere in Anwesenheit von bestimmten organischen Säuren oder von Estern derselben, über gute Quellungseigenschaften verfügen. Die organischen Säuren oder die Ester derselben wirken bei den Betonelementen des Erzeugerbetriebes quellend (Zement-Kalk-Gips, 59, 4, 111-173 /1970/).

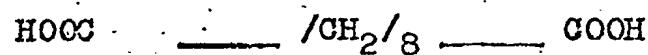
Die Volumenvergrößerung des Zementiermittels kann in der Anwesenheit der folgenden Säuren erfolgen:

Adipinsäure C₆H₁₀O₄



und

Sebacinsäure: $C_{10}H_{18}O_4$



Der Zementschlamm kann wie der korrosionsbeständige Zementschlamm hergestellt werden. Die Rezepturen beruhen auf der Basis von Aluminatzement und Quarzmehl bzw. Aluminatzement und Portlandzement. Bei einer Temperatur von ca. 100°C kann eine Rezeptur auf der Basis von Aluminatzement allein angewandt werden. Die als Treibmittel eingesetzte Adipinsäure und Sebacinsäure werden in einer Menge von 1 bis 2 % des Zementschlammes zugegeben. Dadurch kann eine lineare Schwellung von 0,1 bis 1,0 %, je nach der Rezeptur bzw. der Menge des Treibmittels erreicht werden. Zur Sicherung der entsprechenden Pumpbarkeitszeiten werden 0,05 bis 1,00 % Kalziumglukonat und 0,05 bis 1,00 % Glukonsäure als Abbindeverzögerer eingesetzt. Diese Zusatzstoffe beeinflussen die Quellung günstig.

Die lineare Quellung wurde an Proben mit Abmessungen von $4 \times 4 \times 16$ cm, die in einem Wasserbad von 75°C verfestigt wurden, mit dem Apparat nach Graf-Kauffmann bestimmt. Die Änderung der Länge der Probe wird zu der Länge des Zementsteins nach der Entnahme aus dem Werkzeug bezogen. Während der Untersuchungen werden die Proben im Wasserbad von 75°C gelagert.

Beispiel 3

1,0 kg Aluminatzement (100 %) wird mit 0,5 kg Wasser vermischt, in dem 0,01 kg technische Adipinsäure (1 %) aufgelöst wurde.

Die Quellungswerte sind in der Tabelle VII zusammengefaßt.

lineare Quellung nach 32 Tagen (siehe Tabelle VII)	0,16 %
Druckfestigkeit nach zwei Tagen	121 . 0,1 MPa
Biegefestigkeit nach zwei Tagen	26 . 0,1 MPa

Analog zum Beispiel 3 wird bei den folgenden Beispielen verfahren.

Beispiel 4

100 % Aluminatzement	
1 % Sebacinsäure	
v/c = 0,50	
lineare Quellung nach 32 Tagen (siehe Tabelle VII)	0,096 %
Druckfestigkeit nach zwei Tagen	162 . 0,1 MPa
Biegefestigkeit nach zwei Tagen	60 . 0,1 MPa
v/c = Wasser/Zement	

Beispiel 5

60 % Aluminatzement	
40 % Portlandzement	
2 % Adipinsäure	
0,05 % Glukonsäure	
v/c = 0,50	

Das Mischwasser ist eine 25 %ige NaCl-Lösung.

Der Aluminatzement und der Portlandzement werden im trockenen Zustand homogenisiert. Die Adipinsäure und die Glukonsäure werden in der NaCl-Lösung gelöst.

Lineare Quellung nach 32 Tagen (siehe Tabelle VII)	0,26 %
Druckfestigkeit nach zwei Tagen	192 . 0,1 MPa
Biegefestigkeit nach zwei Tagen	43 . 0,1 MPa

Zur Erreichung der entsprechenden Pumpbarkeitszeit soll die Menge der Glukonsäure erhöht werden:

60 % Aluminatzement
40 % Portlandzement
2 % Adipinsäure
0,4 % Glukonsäure
 $v/cz = 0,50$

Das Mischwasser ist eine 25 %ige NaCl-Lösung, spezifisches Gewicht der Zementmilch: 1900 kg/m³
Pumpbarkeitszeit: 180 Minuten (bei 150°C, und bei 40,0 MPa).

Beispiel 6

60 % Aluminatzement
40 % Portlandzement
2 % Sebacinsäure
0,05 % Glukonsäure
 $v/sz = 0,50$

lineare Quellung nach 32 Tagen (siehe Tabelle VII)	1,19 %
Druckfestigkeit nach zwei Tagen	100 . 0,1 MPa
Biegefestigkeit nach zwei Tagen	32 . 0,1 MPa

Zur Erreichung der entsprechenden Pumpbarkeitszeit soll die Menge der Glukonsäure erhöht werden:

60 % Aluminatzement
40 % Portlandzement
2 % Sebacinsäure
0,3 % Glukonsäure
 $v/sz = 0,50$.

Das Mischwasser ist eine 25 %ige NaCl-Lösung, spezifisches Gewicht der Zementmilch: 1850 kg/m^3
Pumpbarkeitszeit: 110 Minuten (bei 120°C und bei 40,0 MPa)

Beispiel 7

100 % Aluminatzement	
1,5 % Adipinsäure	
0,2 % Kalziumglukonat	
$v/c = 0,50$	
lineare Quellung nach 32 Tagen	2,0 %
(siehe Tabelle VII)	
Druckfestigkeit nach zwei Tagen	69 . 0,1 MPa
Biegefestigkeit nach zwei Tagen	39 . 0,1 MPa

Beispiel 8

70 % Aluminatzement	
30 % Quarzmehl	
1,5 % Adipinsäure	
0,05 % Glukonsäure	
$v/c = 0,50$	
lineare Quellung nach 32 Tagen	0,74 %
(siehe Tabelle VII)	
Druckfestigkeit nach zwei Tagen	27 . 0,1 MPa
Biegefestigkeit nach zwei Tagen	21 . 0,1 MPa

Die Menge des Abbindeverzögerers wird dann wie folgt erhöht:

70 % Aluminatzement	
30 % Quarzmehl	
1,5 % Adipinsäure	
0,3 % Glukonsäure	
$v/c = 0,50$	

Das Mischwasser ist eine 25 %ige NaCl-Lösung, spezifisches Gewicht des Zementschlammes: 1860 kg/m^3
Pumpbarkeitszeit: 160 Minuten (bei 150°C und bei 50,0 MPa).

Lineare Quellung von aus Zementiermitteln auf der Basis von Aluminatzement verfestigten Proben bei 75°C

Tabelle VII

Beispiel	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	16. Tag	32. Tag	64. Tag
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
3	0,079	0,117	0,119	-	0,122	0,129	0,125	0,131	0,146	0,16	-
4	0,039	0,059	0,067	-	0,071	0,075	0,075	0,075	0,081	0,096	-
5	0,084	0,089	0,090	0,098	-	0,117	0,117	0,123	0,144	0,262	-
6	0,941	1,025	-	-	1,071	1,09	1,098	1,104	1,122	1,188	-
7	1,912	1,939	1,977	-	1,988	1,992	1,975	1,989	2,002	2,00	-
8	0,739	0,767	0,701	-	0,710	0,710	0,685	0,696	0,721	0,74	-
Probe aus											
100 % konventionellem Portlandzement											
	0,011	0,008	-	0,019	0,014	0,014	0,022	0,027	0,05	-	-

Wo keine Quellungsangaben angegeben sind, wurde die Quellung nicht bestimmt.
Die Probe aus 100 % konventionellem Portlandzement dient zum Vergleich.

E r f i n d u n g s a n s p r u c h :

Verfahren zur Herstellung eines hydraulischen Zementiermittels mit hohem Aluminiumgehalt, gekennzeichnet dadurch, daß man

- a) 60 bis 80 % Aluminatzement mit mindestens 50 % Aluminiumoxydgehalt und 20 bis 40 % Quarzmehl miteinander vermischt, im trockenen Zustand homogenisiert und diesem Gemisch 45 bis 55 % Mischwasser, bezogen auf das Trockengewicht, in welchem 25 % NaCl, 0,1 bis 2,0 % Kalziumglukonat und 0,05 bis 1,00 % Weinsäure gelöst wurden, zugibt, oder
- b) 100 % Aluminatzement mit mindestens 50 % Aluminiumoxydgehalt oder 60 % Aluminatzement mit mindestens 50 % Aluminiumoxydgehalt, zusammen mit 40 % Portlandzement vermischt, im trockenen Zustand homogenisiert und dieser Masse 45 bis 55 % Mischwasser, bezogen auf das Trockengewicht, in welchem 25 % NaCl, 1 bis 2 % Adipinsäure oder Sebacinsäure und 0,05 bis 1,00 % Kalziumglukonat oder Glukonsäure gelöst wurde, zugibt.